

Im niedrigen Lastbereich nehmen Wälzlager schnell Schaden / Besondere Anforderung an Getriebe und Schmieröl. Ein Beitrag von Martin Stöckl und Dietmar Knünz

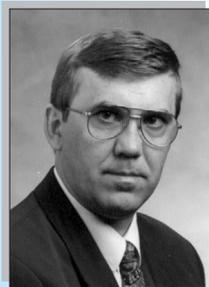
Ausfallsichere Getriebe für Windkraftanlagen

In den vergangenen Jahren traten an einer nicht unerheblichen Anzahl von Getrieben Schäden auf, die sich bereits nach wenigen Jahren ankündigten und meist einen Austausch der Getriebe erforderlich machten. Die potenziellen Ausfallgründe hierfür

Verzahnungen

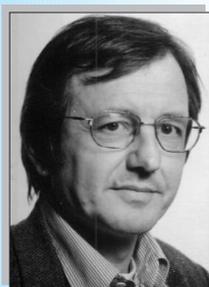
Ein Blick in die Schadensbilder macht deutlich, dass die Verzahnungsschäden eine untergeordnete Rolle spielen. Damit scheinen die Lastannahmen und die Auslegung für die Verzahnungen grundsätzlich richtig zu sein. Dies

ablesen. Zahnbrüche oder Zahnflankenschäden wegen Überlastung oder Unterdimensionierung treten sehr selten auf. Die mitunter vorhandenen Initialschädigungen in Form von Graufleckigkeit usw. dürfen jedoch nicht vernachlässigt werden.



Dipl.-Ing. (FH)
Martin Stöckl

Anschrift des Autors:
Sachverständigenbüro
Stöckl,
Karl-Theodor-Straße
10,
85123 Karlskron,
Tel. 08450/923869,
Fax 08450/923869,
E-Mail: m.stoeckl@t-
online.de



Dietmar Knünz

Anschrift des Autors:
AerSolar GmbH,
Jägerstraße 21,
82256 Fürstenfeldbruck,
Tel. 08141/349750



Abbildung 1: Abtriebsritzel nach 10 Jahren im Einsatz, die Zahnspeigel sind metallisch blank.

waren vielfältig. Waren es falsche Lastannahmen, die zum vorzeitigen Versagen führten? Oder war es möglicherweise der ungewöhnliche Kraftfluss von der langsamen Welle zur schnellen Welle? Ein Exkurs in die Wasserturbinentechnik zeigt, dass man dort bereits seit nahezu 100 Jahren Getriebe einsetzt. Deren Anwendung ist auf den ersten Blick mit der Windenergie-technik verwandt. Diese Getriebe werden ebenfalls an der langsamen Welle angetrieben. Und ihre Haltbarkeit ist außerordentlich gut. Es gibt dort viele Antriebe, die seit etlichen Jahrzehnten ohne nennenswerte Instandsetzungsmaßnahmen laufen.

Schadensursache

Also müssen die Schäden an Windkraftanlagen durch andere Ursachen ausgelöst werden. Es bleibt die Vermutung einer unzureichenden Auslegung bzw. unzureichender Lastannahmen. Schäden an Getrieben treten grundsätzlich entweder an Verzahnungsteilen und Wälzlagern auf.

Wälzlager

Ganz anders sieht es dagegen bei den Wälzlagern aus. Hier treten mitunter schon nach kurzer Laufzeit deutliche Unregelmäßigkeiten auf, die zum vorzeitigen Getriebeausfall führen. Gelegentlich werden Lagerausfälle auf nicht hinreichend bekannte Lasten oder Überlasten zurückgeführt, die das Lager vorzeitig ermüden lassen. Die Kenntnis der wichtigsten Schadensmechanismen an Wälzlagern liefert die entsprechende Grundlage für das weitere Vorgehen. Die Zerstörung eines Wälzlagers durch Werkstoffermüdung oder Zerrüttung an Laufbahnen (Zerstörung der Oberfläche) eines Wälzlagers kann im Wesentlichen zwei Ursachen haben:

- Ermüdung ist die Folge von wechselnden Schubspannungen unmittelbar unter der belasteten Laufbahnoberfläche. Diese Spannungen verur-



Abbildung 2: Massive Schälungen am Innenring eines Wälzlagers

bestätigt sich auch bei Getriebeuntersuchungen. Die Tragbilder (Zahnspeigel) an den Verzahnungen, die sich im Laufe der Zeit unter Betriebs-einfluss bilden, zeigen dies deutlich. An den Tragbildern kann das geschulte Auge die Auslastung des Getriebes

sachen Risse im Werkstoffinnern, die sich allmählich bis zur Oberfläche ausbreiten. Durch Überrollen der Risse brechen Werkstoffteilchen aus. Das Lager erreicht das Ende seiner Lebensdauer. Diesen Vorgang bezeichnet man als Schälung. Er läuft in

aller Regel sehr langsam ab und nicht innerhalb weniger Tage.

- Oberflächenzerrüttung entsteht, wenn der Schmierfilm im Lager zu dünn wird (zu geringe Viskosität, zu hohe Temperatur oder auch zu wenig Öl). Beim Abrollvorgang berühren sich Rauheitsspitzen der Oberflächen kurzzeitig, dabei bilden sich feinste Risse an der Oberfläche. Sie beginnen an der Oberfläche, sind zunächst mikroskopisch klein, vergrößern sich schnell und beeinträchtigen schließlich den ruhigen Lauf des Lagers. Dieses Schadensbild ist im Windbereich eher die Ausnahme, da dann auch ölbedingte Schäden an den Verzahnungen auftreten müssten. Zusätzlich wären Anzeichen von örtlicher Überhitzung an den Lagern vorhanden.

Oberflächenzerrüttung kann aber auch durch so genannte Ansmierungen entstehen. Diese Entstehung wird verursacht, wenn das Wälzlager mit zu wenig Last läuft. Dabei überwiegt das Gleiten der Wälzkörper gegenüber dem Wälzen. Beim Einlauf in die Lastzone werden sie ruckartig hoch beschleunigt. Dabei übertragen sich feinste Metallpartikel von einer Oberfläche auf die andere. An diesen kleinsten Initialschädigungen bilden sich feinste Risse, die beim weiteren Betrieb wachsen, bis sich schließlich

großflächige Werkstoffausbrüche bilden. Bei videoskopischen Untersuchungen an Wälzlagern lassen sich mitunter schon im Frühstadium erste Anzeichen von Unregelmäßigkeiten an Wälzlagern erkennen.

Diese anfängliche kleine Unregelmäßigkeit nimmt bei weiterem Betrieb zu, die Schadenszone breitet sich aus. Allerdings lassen sich solche Initialschädigungen schwingungstechnisch noch nicht nachweisen. Das Lager in Abbildung 4 lief geräuschmäßig vor dem Ausbau noch relativ unauffällig. Der Materialabtrag aus dem Lager war vergleichsweise gering. Daher wäre auch eine Ölanalyse wahrscheinlich in Bezug auf einen erhöhten Eisengehalt unauffällig gewesen. Ob ein Partikelzähler im Öl diese Auffälligkeit in diesem Stadium bereits detektiert hätte, ist mehr als fraglich. Wäre hier mit einem kurzfristigen Lagerausfall zu rechnen gewesen?

Hierzu liefert die Laboruntersuchung mit Schlibbildern eine sehr gute Basis



Abbildung 3: Erste Auffälligkeit als Ansmierung am Außenring

für die weitere Schadensentwicklung (Abbildungen 5 und 6). Es ist zu erkennen, dass sich an der Stelle des Anrisses unterhalb der Oberfläche aufgrund von örtlich hoher Spannungskonzentration ein Riss im Werkstoffinnern bildet, der dann zusätzlich eine Werkstoffschälung mit tieferen Ausbrüchen verursacht.

Schadensaflösung

Es stellt sich natürlich die Frage, woher diese Erscheinungsbilder kommen und warum sie besonders an Windkraftgetrieben so deutlich auftreten. Dazu wird nochmals die Betriebsweise mit einer Wasserturbine verglichen.

WKN? a ole loa no olona!

(Hawaiianisch: WKN? Nie gehört!)

Zugegeben – uns kennt (noch) nicht jeder. Auf dem Windenergiemarkt jedoch haben wir uns als eines der führenden Unternehmen im schlüsselfertigen Bau und Betrieb von Windparks einen Namen gemacht. Hier steht WKN für Erfahrung und Kompetenz, umsichtige Planung und Nachhaltigkeit. Nicht nur in Deutschland, sondern auch auf dem internationalen Parkett.

Wichtig für Projektentwickler: Die WKN AG steigt auch in angeplante oder teilrealisierte Projekte ein und übernimmt bei Bedarf das Realisierungsrisiko. Sprechen Sie uns an!



WKN AG

Ein Unternehmen der  BGZ-Gruppe



Abbildung 4: Innenring mit Anschmierungen an einer Laufbahn

Eine Wasserturbine läuft je nach Turbinentyp und Größe mit mindestens 30 % der Nennleistung. Bei noch ge-

ohne Last oder nur mit minimaler Last im untersten Lastbereich und das mitunter über einen längeren Zeitraum.

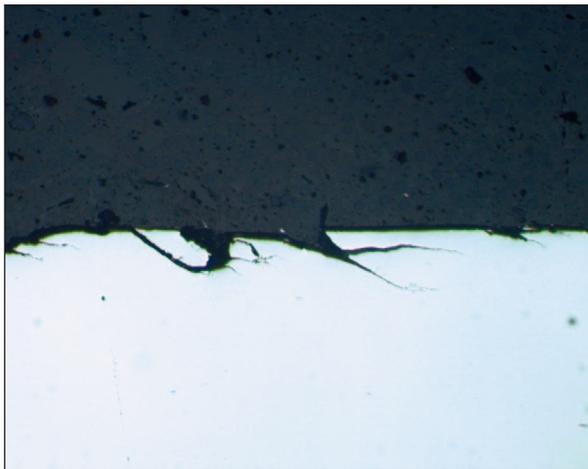


Abbildung 5: Schnitt durch die Schadenszone mit Rissen, die in die Tiefe wachsen.

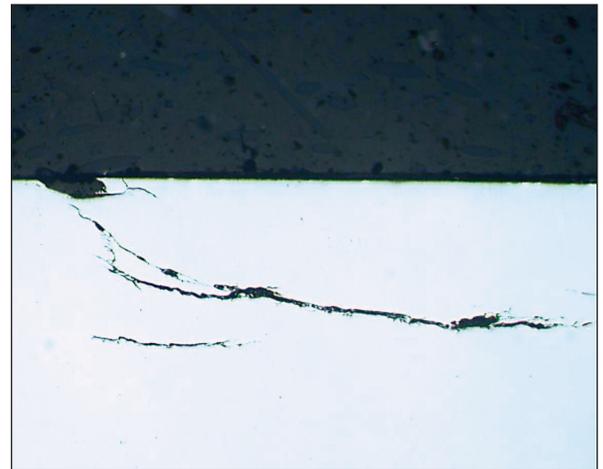


Abbildung 6: Schnitt durch den Innenring: deutlich sichtbare Risse, beginnend an der Oberfläche

ringerer Leistung verringert sich der Wirkungsgrad so stark, dass die Turbine kaum mehr Leistung abgibt und damit abgestellt wird. Für das Getriebe und vor allem für die Lager bedeutet dies, dass im Wasserturbinenbetrieb immer eine Mindestbelastung herrscht. Bei bestimmten Lagertypen muss diese Minimallast bei 2 % der so genannten dynamischen Tragzahl betragen. Dadurch lassen sich schädliche Gleitbewegungen zwischen Rollen und Laufbahnen vermeiden.

Die Windturbine läuft je nach Typ schon bei 3 bis 4 m/s Windgeschwindigkeit an. Bei entsprechenden Windverhältnissen dreht die Anlage

Für bestimmte Wälzlagerarten bedeutet dies, dass die aus der Verzahnung resultierende Belastung, die bei wenig Leistung vernachlässigt werden kann, nicht für die Mindestbeaufschlagung ausreicht, ebenso wenig wie das Eigengewicht der gelagerten Teile aufgrund der kompakten Bauweise. Es kommt zu den bekanntesten schädlichen Gleitbewegungen. Damit sind vorzeitige Lagerausfälle nicht auszuschließen.

Lösungsansätze

Es gibt Lösungen, die auch Windturbinengetriebe lange laufen lassen. Schon bei der Konstruktion und

Auslegung der Getriebe müssen alle Lastzustände, besonders aber der niedrige Last- und Temperaturbereich, berücksichtigt und entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Ob eine Änderung in der Betriebsführung verbunden mit einem sicheren Lastbetrieb ein Lösungsansatz ist, lässt sich nur betriebswirtschaftlich klären. An einer Anlage mit 3 MW, die erst bei 5 bis 6 m/s Wind aufstartet, konnten an den Lagern, die bereits seit 12 Jahren im Einsatz sind, die zuvor beschriebenen Schadensmerkmale nicht festgestellt werden.

Von der Wälzlagerindustrie wurden mittlerweile Lösungen erarbeitet und in Getrieben erprobt, die die Lager über einen weiten Lastbereich ohne negative Auswirkungen auf die Lebensdauer betreiben lassen. Dabei sind zwingend auch höchste Anforderungen an eine ausreichende Schmierölversorgung der Lager zu stellen. Entscheidenden Einfluss auf die Lagerlebensdauer hat hier insbesondere das eingesetzte Öl, das in der Lage sein muss, bereits bei niedrigen Druck- und Temperaturverhältnissen trennende Reaktionsschichten aufzubauen. Hier reichen keineswegs die üblichen Anforderungen, die an In-

dustriegetriebeöle gestellt werden. Es gibt mittlerweile erste Erfahrungen mit speziellen Ölen, die, nebenbei bemerkt, auch noch einen exzellenten Verschleißschutz im unteren Lastbereich sicherstellen können. ■

Literatur

- SKF Hauptkatalog Ausgabe 1994
- Stirnradverzahnung, Linke, Hanser Verlag
- Die Wälzlagerpraxis, Brändlein, Eschmann, Hasbergen, Weigand, Vereinigte Fachverlage

Windkraft-Großauswahl

Ständig ca 50 Projekte: Windkraft-Einzelanlagen und Windparks, alle Preislagen, schlüsselfertig oder als Standort zu verkaufen.

CW Consult GmbH & Co. KG

Tel. 02734/400 57, Fax 02734/71 52

E-Mail: info@cw-consult.de

www.cw-consult.de

Wir stellen aus auf der HUSUMwind 2005: Halle 4, Stand 4B26